

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
**Image Problem Mailbox.**

A4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-224695

(43) 公開日 平成4年(1992)8月13日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 5 D 11/04	E	7179-4K		
17/06	A	7179-4K		
17/08	D	7179-4K		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平2-406517

(22) 出願日 平成2年(1990)12月26日

(71) 出願人 000101950

イズミ工業株式会社

埼玉県川越市大字大中居620番地

(72) 発明者 山口 博志

埼玉県川越市大字大中居620番地イズミ工業株式会社内

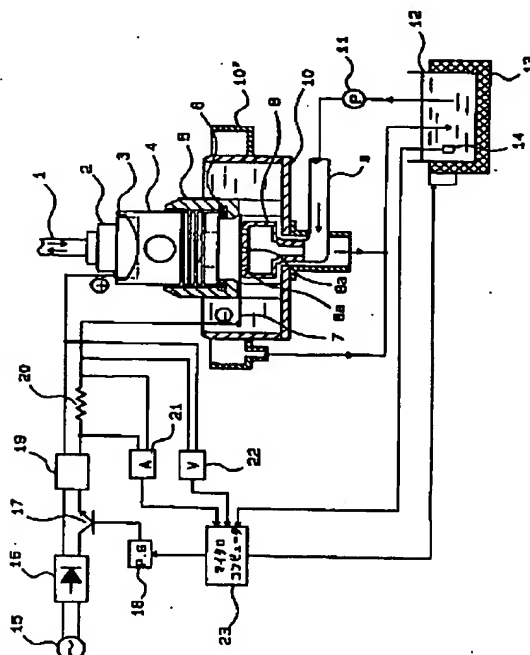
(74) 代理人 弁理士 最上 正太郎

(54) 【発明の名称】 ピストンのアルマイト処理方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 マスキング工程を必要とすることなく、ピストン頂部にのみ自動的に高硬度のアルマイト層を高速短時間で形成し得るピストンのアルマイト処理方法及び装置を提供する。

【構成】 ピストン頂部のアルマイト処理を施すべき表面領域のみを電解槽内の電解液に接触させ、他の部分は電解槽外に置いて陽極酸化処理を行なうことを特徴とする。これを実施する装置は、電解槽(10)と、上記電解槽内に電解液を供給、排出する装置(11)と、上記電解槽内に設けられ、処理すべきピストン(4)をその頂部を下にして倒立した状態で保持すると共に、ピストン頂部のアルマイト処理を施すべき表面領域のみを電解槽内に臨ませ他の部分は電解液から遮断するシール手段(6)が電解液の最高水位より下位に取り付けられた治具本体(5)と、上記治具本体に取り付けられたピストン(4)の頂部と略対向するよう電解槽内に設けられたカソード電極(7)と、を具備することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ピストン頂部のアルマイト処理を施すべき表面領域のみを電解槽内の電解液に接触させ、他の部分は電解槽外に置いて陽極酸化処理を行なうことを特徴とするピストンのアルマイト処理方法。

【請求項2】 初期には、浴電圧が一定の限界値に達するまで、電流密度が一定となるように電流を制御し、浴電圧が一定の限界値に達した後は、浴電圧がその限界値に保たれるよう電流を制御しつつ減少させ、陽極酸化被膜を形成することを特徴とする請求項1に記載のピストンのアルマイト処理方法。

【請求項3】 電解槽(10)と、上記電解槽内に電解液を供給、排出する装置(11)と、上記電解槽内に設けられ、処理すべきピストン(4)をその頂部を下にして倒立した状態で保持すると共に、ピストン頂部のアルマイト処理を施すべき表面領域のみを電解槽内に臨ませ他の部分は電解液から遮断するシール手段(6)が電解液の最高水位より下位に取り付けられた治具本体(5)と、上記治具本体に取り付けられたピストン(4)の頂部と略対向するよう電解槽内に設けられたカソード電極(7)と、を具備することを特徴とするピストンのアルマイト処理装置。

【請求項4】 上記カソード電極(7)の背面に電解液噴出ノズル(8)を設け、カソード電極には上記ノズルから噴出された電解液をピストン頂部へ向けて通過させる孔を形成した請求項3に記載のピストンのアルマイト処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ピストンのアルマイト処理方法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、エンジンの高出力化に対応して、ピストンが受ける熱的応力、機械的応力は増大してきており、このためアルミニウム合金製ピストンではピストン頂部燃焼室回りの亀裂発生が問題となっている。

【0003】 この亀裂対策として、重力鋳造から高圧鋳造や鍛造への変更等製造法による改善、硬質アルマイト表面処理による改善、セラミックファイバやセラミックウイスカによるFRM化等材料による改善等、要求仕様に応じて各種対策が採用されており、本発明は、そのうちの一つである高速硬質アルマイト処理を行なう場合の処理方法及び装置に関するものである。

【0004】 アルマイトがピストン頂部、特に直噴機関用ピストン燃焼室口元部の熱亀裂に効果があるのは、燃焼によりピストン温度が上昇した時に、燃焼室口元部のアルミ母材部には通常圧縮応力が発生するのに対し、若しアルマイト層が存在する場合にはアルマイト層近傍母材部には引張応力が発生し、母材のアルミニウム部に生じる圧縮応力を緩和する作用があるためと考えられている。アルマイトは、電解液中でアルミニウムを陽極と

し、通電、電解することにより生成する酸化アルミの皮膜であるが、一般的に皮膜の厚みとして約20 $\mu$ m以上のものが硬質アルマイトとして定義されている。

【0005】 而して、ピストン頂部にのみ上記アルマイト層を形成するには、従来、ピストン頂部以外の表面にマスキングを施した上でピストン全体若しくは過半部を電解浴に浸漬して電解処理を行なっているが、このマスキング工程に多くの手間と時間を要し、生産効率上問題があった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は叙上の観点に立ってなされたものであり、その目的とするところは、マスキング工程を必要とすることなく、ピストン頂部にのみ自動的に高硬度のアルマイト層を高速短時間で形成し得るピストンのアルマイト処理方法及び装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の目的は、ピストン頂部のアルマイト処理を施すべき表面領域のみを電解槽内の電解液に接触させ、他の部分は電解槽外に置いて陽極酸化処理を行なうことを特徴とするピストンのアルマイト処理方法によって達成し得る。また上記電解処理を行なうに当たっては、本願出願人が平成2年特許願第325480号で開示した「アルミニウム又はその合金の表面処理方法」を適用し、初期には、浴電圧が一定の限界値に達するまで、電流密度が一定となるように電流を制御し、浴電圧が一定の限界値に達した後は、浴電圧がその限界値に保たれるよう電流を制御しつつ減少させ、陽極酸化被膜を形成するようにすることが推奨される。

【0008】 また、上記アルマイト処理方法を実施する装置としては、電解槽と、上記電解槽内に電解液を供給、排出する装置と、上記電解槽内に設けられ、処理すべきピストンをその頂部を下にして倒立した状態で保持すると共に、ピストン頂部のアルマイト処理を施すべき表面領域のみを電解槽内に臨ませ他の部分は電解液から遮断するシール手段が電解液の最高水位より下位に取り付けられた治具本体と、上記治具本体に取り付けられたピストンの頂部と略対向するよう電解槽内に設けられたカソード電極と、を具備することを特徴とするピストンのアルマイト処理装置を用いることが推奨される。上記装置において、上記カソード電極の背面に電解液噴出ノズルを設け、カソード電極には上記ノズルから噴出された電解液をピストン頂部へ向けて通過させる孔を形成しておくことが推奨される。

## 【0009】

【作用】 上記の如き構成であると、アルマイト処理すべきピストン頂部のみが電解液と接触して電解処理が行なわれるので、マスキング工程を必要とすることなく、ピストン頂部にのみ自動的に高硬度のアルマイト層を高速短時間で形成し得るピストンのアルマイト処理方法及び

3

装置を提供し得るものである。

【0010】

【実施例】以下、図面を参照しつつ本発明を具体的に説明する。図1は本発明に係るピストンのアルマイト処理方法を実施するために使用する装置の一実施例を示しており、図中、1はエアシリンダ、2は絶縁板、3は給電板、4は被処理体としてのピストン、5は治具本体、6はシールゴム、7はカソード電極、8は電解液噴出ノズル、9は電解液供給管、10は電解槽であり、これら1ないし10で示す構成要素により電解装置が構成され、更に、11はポンプ、12は電解液タンク、13は液温調節装置、14は液温検知器、15は交流電源、16は整流器、17はスイッチング素子、18はパルスジェネレータ、19は平滑回路、20は電解電流検出用の挿入抵抗、21は電解電流検知器、22は浴電圧検知器、23はマイクロコンピュータである。

【0011】被処理体としてのピストン4は、電解槽10内に設けた治具本体5内に逆さまにして取り付けられ、ピストン4の頂部のみが電解槽内の電解液と接触するようになっている。即ち、治具本体5の内部には、ピストン4の頂部のアルマイト処理を施すべき表面領域のみを電解槽内に臨ませ他の部分は電解液から遮断するリング状のシールゴム6が電解液の最高水位より下位に取り付けられており、ピストン4の頂部はこのシールゴム6に当接せしめられ、ピストン4の頂部のみが電解槽内の電解液と接触し、その他の部分は電解槽外に置かれるようになっている。

【0012】電解槽10内への電解液の供給は、ポンプ11を作動させることにより、電解液噴出ノズル8の上面に明けた複数の孔8aを通じて行なわれ、カソード電極7にもこれに対応する孔が明けられ、電解液はこれらの孔か

4

らピストン4の頂部へ向けて噴出、供給されるようになっている。電解処理時には電解槽10の上縁まで一杯に電解液が満たされ、電解槽10の上縁から溢れた電解液は、捕集槽10'により集められ電解液タンク12に還流するようになっている。また、ポンプ11を停止させると、電解槽10内の電解液は電解槽10の底部に明けた排出口からすべて排出されるようになっている。

【0013】このように、ピストン4全体を電解液中に浸漬することなく、ピストンの頂部のみが電解液と接触するように槽外方式によりピストンを取り付けるようにしてあるため、面倒なマスキング工程が省略でき、生産性の向上と低コスト化を図ることが可能となる。

【0014】電解処理に当たっては、先ずポンプ11を停止させ電解槽11内の電解液を排出した状態でピストン4を治具本体5内に収容し、エアシリンダ1を作動させてピストン頂部をシールゴム6と密着させる。然る後、ポンプ11を作動させて電解液噴出ノズル8を通じて電解槽10内に電解液を満たし、電解処理を開始する。電解液は、液管理が容易な硫酸単独浴とすることが推奨される。

【0015】電解電流は、交流電源15からの電流を整流器16により整流し、この直流を、パルスジェネレータ18により開閉せしめられるスイッチング素子17によって断続せしめてパルス電流とし、更にこれを平滑回路19により平滑な直流として給電板3とカソード電極7とに供給するものであるが、この電解電流の増減制御は、パルスジェネレータ18の発振するパルスのデューティファクタをマイクロコンピュータ23からの指令によって変更することにより行なう。

【0016】

5

6

即ち、電解電流検知器21及び浴電圧検知器22の検知信号をマイクロコンピュータ23にもたらし、初期には、浴電圧が一定の限界値に達するまで、電流密度が一定となるように電流を制御し、浴電圧が一定の限界値に達した後は、浴電圧がその限界値に保たれるよう電流を制御しつつ減少させ、陽極酸化被膜を形成するものである。即ち、本願出願人が平成2年特許願第325480号で開示した「アルミニウム又はその合金の表面処理方法」を適用し、図2に示すように、電解初期には、浴電圧（図2中、点線で示す）が一定の限界値に達するまで、電流密度（図2中、実線で示す）が一定〔電解時間 $t$ が区間 $0 \leq t \leq t_1$ において電流密度 $i = i_0$ 〕となるように電解電流を制御し、浴電圧が一定の限界値に達した後は、浴電圧がその限界値に保たれるよう電解電流を減少〔 $t_1 \leq t \leq t_2$ において電流密度 $i_2 = i_0 / \{1 + \beta(t - t_1)\}^{1/\beta}$ 〕させながら電解処理を行なうものである。ここで、 $\beta = 3ki_0^{2/\beta} / SD$ であり、 $i_0$ は初期電流密度、 $B$ は焼け定数、 $k$ は皮膜生成定数、 $S$ は安全係数を示す。これら $k$ 、 $B$ 、 $S$ の各定数値は、高電流密度による定電流電解時間の長さ、電流密度遞減区間における遞減度合の大小を決定するものであり、 $k$ 、 $B$ 、 $S$ 値は被処理材の組成、電解液の組成、温度及び処理装置の構造に応じて最適値を求める必要があるが、AC8A材で硫酸を電解液とした場合、通常 $k = 0.4 \sim 0.7$ 、 $B = 400 \sim 550$ 、 $S = 0.5 \sim 0.8$ の範囲にあり、 $k$ 、 $S$ 値を大きくとることで電解時間は短くなる。

【0017】上記電解電流の制御を行なう場合、液温検知器14により電解液の温度を検知し、その検知信号をマイクロコンピュータ23にもたらし、これから液温調節装置13に指令信号を送って、電解液温度を一定に保つものである。

【0018】上記装置を用いて、ピストン頂部の硬質アルマイト処理として、AC8A合金ピストンを用いた処理実験を行ない、ピストンの熱亀裂に効果の高い厚さ90 $\mu$ m、硬度400(HMV)以上のアルマイトが最短時間で得られる条件（前記 $k$ 、 $B$ 、 $S$ 値、初期電流密度、電解液濃度、電解液温度、浴電圧等）は下記表-1の通りであった。

【0019】

【表1】

初期電流密度 (A/dm <sup>2</sup> )		30+5
浴電圧 (V)		80±5
定数値	k	0.6
	B	450
	S	0.6
電解液 (硫酸)	濃度 (g/l)	100±10
	温度 (°C)	10±3
電解時間		7～8分

40

【0020】ここで、初期電流密度が25A/dm<sup>2</sup>以下であると電解時間が増加して処理効率が低下し、35A/dm<sup>2</sup>以上であるとアルマイト層の硬度が低下する。また、浴電圧が75Vであると処理効率が低下し、85V以上になるとアルマイト層が不均質で脆くなる。電解液濃度が90g/リットル以下であると抵抗が低くなり過ぎて不都合を生じ、110g/リットル以上であるとアルマイト層の厚み精度が低下する。電解液温度が7℃以下であると浴電圧が上がりアルマイト層が不均質で脆くなり、13℃以上

50

である。

【符号の説明】

- 1 エアシリンダ
- 2 絶縁板
- 3 給電板
- 4 ピストン
- 5 治具本体
- 6 シールゴム
- 7 カソード電極
- 8 電解液噴出ノズル
- 9 電解液供給管
- 10 電解槽
- 11 ポンプ
- 12 電解液タンク
- 13 液温調節装置
- 14 液温検知器
- 15 交流電源
- 16 整流器
- 17 スイッチング素子
- 18 パルスジェネレータ
- 19 平滑回路
- 20 挿入抵抗
- 21 電解電流検知器
- 22 浴電圧検知器
- 23 マイクロコンピュータ

10

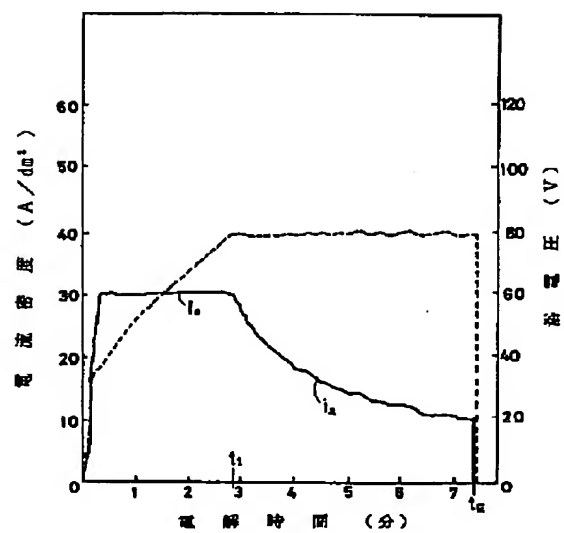
20

[illegible]

(6)

特開平4-224695

【図2】



Unexamined Published Japanese Patent Application No. 4-224695

Publication Date: 13 August, 1992

Application No. 2-406517

Application Date: 26 December, 1990

Request for Examination: Not Filed

Applicant: Izumi Industries, Ltd.

Inventor: Hiroshi Yamaguchi

Title of the Invention:

Aluminum-Anodizing Method and Apparatus for Pistons

[Abstract]

[Object] To provide a piston aluminum-anodizing method and apparatus capable of forming a highly hard alumite layer automatically only at a piston head portion at a high speed and for a short time period without any masking step.

[Constitution] The piston aluminum-anodizing method is characterized in that a piston head portion is anodized such that only its surface region to be aluminum-anodized is caused to contact with an electrolyte in an electrolyzing bath whereas its remaining portion is disposed outside of the electrolyzing bath. An apparatus for executing the method is characterized by comprising: an electrolyzing bath (10); a device (11) for feeding and discharging an electrolyte into and out of said electrolyzing bath; a jig body (5) disposed in said electrolyzing bath and including seal means (6) fitted at a position lower than the highest level of the electrolyte for



holding a piston (4) to be treated, upside-down with its head portion being positioned below, and for causing only the piston surface region to be aluminum-anodized to face the inside of the electrolyzing bath while shielding the remaining portion from the electrolyte; and a cathode (7) disposed in the electrolyzing bath to generally confront the head portion of the piston (4) fitted in said jig body.

[Title of the Invention] Aluminum-Anodizing Method and Apparatus for Pistons

[Claims]

[Claim 1] A piston aluminum-anodizing method characterized in that a piston head portion is anodized such that only its surface region to be aluminum-anodized is caused to contact with an electrolyte in an electrolyzing bath whereas its remaining portion is disposed outside of the electrolyzing bath.

[Claim 2] A piston aluminum-anodizing method as set forth in Claim 1, characterized in that an anodized coating film is formed by controlling an electric current at an initial stage so that a current density may be constant, till a bath voltage reaches a constant limit, and by controlling and reducing the electric current, after the bath voltage reached the constant limit, so that the bath voltage may be kept at the limit.

[Claim 3] A piston aluminum-anodizing apparatus is characterized by comprising: an electrolyzing bath (10); a device (11) for feeding and discharging an electrolyte into and out of said electrolyzing bath; a jig body (5) disposed in said electrolyzing bath and including seal means (6) fitted at a position lower than the highest level of the electrolyte for holding a piston (4) to be treated, upside-down with its head portion being positioned below, and for causing only the piston surface region to be aluminum-anodized to face the

inside of the electrolyzing bath while shielding the remaining portion from the electrolyte; and a cathode (7) disposed in the electrolyzing bath to generally confront the head portion of the piston (4) fitted in said jig body.

[Claim 4] A piston aluminum-anodizing apparatus as set forth in Claim 3, characterized in that said cathode (7) is provided on its back with an electrolyte injection nozzle (8) and has a hole for allowing the electrolyte injected from said nozzle to pass toward the piston head portion.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Application Field in Industry] The present invention relates to a method and an apparatus for aluminum-anodizing a piston.

[0002]

[Prior Art] In accordance with the higher output of the engine of the recent years, there have arisen the thermal stress and the mechanical stress for the piston to receive. Therefore, the piston of an aluminum alloy is troubled by the cracks which occur around the combustion chamber of the piston head portion.

[0003] For preventing these cracks, there have been adopted a variety of counter-measures according to the demanded specifications. The measures include: an improvement in the change of a manufacture method from the gravity casting to the high-pressure casting or the forging; an improvement by the surface treatment of a hard aluminum anodization; and an

improvement by an FRM material such as ceramic fibers or ceramic whiskers or the like. The present invention relates to a method and an apparatus for the high-speed hard aluminum-anodization or one of the counter-measures.

[0004] Here will be described the reason why the alumite is effective for the thermal cracks at the piston head portion, i.e., the mouth of the piston combustion chamber for a direct injection engine. When the piston temperature is raised by the combustion, a compressive stress usually occurs at the aluminum parent material portion at the mouth portion of the combustion chamber. If the alumite layer is present, however, a tensile stress occurs in the parent material portion near the alumite layer to relax the compressive stress which is caused in the aluminum portion of the parent material. The alumite is the film of aluminum oxides, which is usually generated by using aluminum as the anode in the electrolyte and by electrolyzing it. The hard alumite is generally defined as one having a film of a thickness of about 20 microns or more.

[0005] In order to form the alumite layer only on the piston head portion, the electrolyzation has been done in the prior art by making the surface other than the piston head portion and by dipping the entirety or more than half of the piston in an electrolyzing bath. However, this masking step takes many troubles and a long time to raise a problem in the production efficiency.

[0006]

[Problems to Be Solved by the Invention] The present invention has been conceived in view of the viewpoints thus far described, and has an object to provide a piston aluminum-anodizing method and apparatus capable of forming a highly hard alumite layer automatically only at a piston head portion at a high speed and for a short time period without any masking step.

[0007]

[Means for Solving the Problems] The above-specified object can be achieved by a piston aluminum-anodizing method characterized in that a piston head portion is anodized such that only its surface region to be aluminum-anodized is caused to contact with an electrolyte in an electrolyzing bath whereas its remaining portion is disposed outside of the electrolyzing bath. For the aforementioned electrolyzation, on the other hand, there is applied the "Method for Treading the Surface of Aluminum or Its Alloy", as disclosed by the Applicant in Japanese Patent Application No. 2-325480. By this application, it is recommended that an anodized coating film is formed by controlling an electric current at an initial stage so that a current density may be constant, till a bath voltage reaches a constant limit, and by controlling and reducing the electric current, after the bath voltage reached the constant limit, so that the bath voltage may be kept at the limit.

[0008] As an apparatus for executing the aforementioned

aluminum-anodizing method, on the other hand, there is recommended a piston aluminum-anodizing apparatus which is characterized by comprising: an electrolyzing bath; a device for feeding and discharging an electrolyte into and out of said electrolyzing bath; a jig body disposed in said electrolyzing bath and including seal means fitted at a position lower than the highest level of the electrolyte for holding a piston to be treated, upside-down with its head portion being positioned below, and for causing only the piston surface region to be aluminum-anodized to face the inside of the electrolyzing bath while shielding the remaining portion from the electrolyte; and a cathode disposed in the electrolyzing bath to generally confront the head portion of the piston fitted in said jig body. In this apparatus, it is recommended that said cathode (7) is provided on its back with an electrolyte injection nozzle (8) and has a hole for allowing the electrolyte injected from said nozzle to pass toward the piston head portion.

[0009]

[Functions] With the construction described above, only the piston head portion to be aluminum-anodized is electrolyzed in contact with the electrolyte. Therefore, it is possible to provide a piston aluminum-anodizing method and apparatus, capable of forming a highly hard alumite layer automatically only at a piston head portion at a high speed and for a short time period without any masking step.

[0010]

[Embodiment] The present invention will be specifically described with reference to the accompanying drawings. Fig. 1 shows one embodiment of an apparatus to be used for executing a method for aluminum-anodizing a piston according to the invention. In Fig. 1: reference numeral 1 designates an air cylinder; numeral 2 does an insulating plate; numeral 3 does a feeding plate; numeral 4 does a piston to be treated; numeral 5 does a jig body; numeral 6 does a seal rubber; numeral 7 does a cathode; numeral 8 does an electrolyte injection nozzle; numeral 9 does an electrolyte supply pipe; and numeral 10 does an electrolyzing bath. These components 1 to 10 construct an electrolyzing apparatus. Moreover: numeral 11 does designates a pump; numeral 12 does an electrolyte tank; numeral 13 does a liquid temperature adjusting device; numeral 14 does a liquid temperature detector; numeral 15 does an AC power source; numeral 16 does a rectifier; numeral 17 does a switching element; numeral 18 does a pulse generator; numeral 19 does a smoothing circuit; numeral 20 does an inserted resistor for detecting the electrolyzing current; numeral 21 does an electrolyzing current detector; numeral 22 does a bath voltage detector; and numeral 23 does a microcomputer.

[0011] The piston 4 as an object to be treated is so fitted upside-down in the jig body 5 which is disposed in the electrolyzing bath 10 that only its head portion contacts with

the electrolytic liquid in the electrolyzing bath 10. In the jig body 5 at a position lower than the highest level of the electrolyte, more specifically, there is fitted the ring-shaped seal rubber 6 for causing only the surface region to be aluminum-anodized of the head portion of the piston 4 to face the inside of the electrolyzing bath while shielding the remaining portion from the electrolyte. The head portion of the piston 4 is held in abutment against that seal rubber 6 so that it exclusively contacts with the electrolyte in the electrolyzing bath whereas the remaining portion is kept away from the electrolyzing bath.

[0012] The supply of the electrolyte into the electrolyzing bath 10 is made by activating the pump 11 through a plurality of holes 8a formed in the upper face of the electrolyte injection nozzle 8. In the cathode 7, there are formed corresponding holes, through which the electrolyte is injected and fed to the head portion of the piston 4. At the electrolyzing time, the electrolyzing bath 10 is filled up with the electrolyte to its upper edge so that the electrolyte is collected, as it overflows the upper edge, by a collecting bath 10' and is recirculated to the electrolyte tank 12. When the pump 11 is stopped, on the other hand, the electrolyte in the electrolyzing bath 10 is wholly discharged from a discharge port opened in the bottom portion of the electrolyzing bath 10.



[0013] Thus, the piston 4 is fitted by such an outside bath method that its entirety is not dipped in the electrolyte while allowing only its head portion to contact with the electrolyte. As a result, it is possible to omit the troublesome masking step thereby to improve the productivity and lower the cost.

[0014] For the electrolyzation, the pump 11 is stopped at first to discharge the electrolyte from the electrolyzing bath 11. In this state, the piston 4 is fitted in the jig body 5, and the air cylinder 1 is activated to bring the piston head portion into close contact with the seal rubber 6. After this, the pump 11 is activated to fill the inside of the electrolyzing bath 10 up with the electrolyte through the electrolyte injection nozzle 8, and the electrolyzation is started. The electrolyte is recommended to be such a single bath of sulfuric acid as can be easily managed.

[0015] For the electrolyzing current, an electric current from the AC power source 15 is rectified by the rectifier 16, and this DC current is interrupted into a pulse current by the switching element 17 which is turned ON/OFF by the pulse generator 18. Moreover, this pulse current is smoothed into a smooth DC current by the smoothing circuit 19, and this smooth current is fed to the feeding plate 3 and the cathode 7. This electrolyzing current is controlled to increase/decrease by changing the duty factor of the pulses, as oscillated by the pulse generator 18, in response to instructions coming from

the microcomputer 23.

[0016] Specifically, the detected signals of the electrolyzing current detector 21 and the bath voltage detector 22 are fed to the microcomputer 23. The anodized film is formed by controlling the electric current at first so that the current density may be constant till the bath voltage reaches a constant limit, and by controlling to reduce the electrolyzing current, after the bath voltage reached the constant limit, so that the bath current may be kept at the limit. More specifically, there is applied the "Method for Treading the Surface of Aluminum or Its Alloy", as disclosed by the Applicant in Japanese Patent Application No. 2-325480. For the electrolyzations, as shown in Fig. 2, the electrolyzing current is so controlled at the initial stage that the current density (as indicated by a solid curve in Fig. 2) may be constant [that is, the current density  $i = i_0$  for the electrolytic time  $t$  of a section  $0 \leq t \leq t_1$ ] till the bath voltage (as indicated by a dotted curve in Fig. 2) reaches the constant limit, and is so reduced [that is, the current density  $i_2 = i_0 / [1 + \beta(t - t_1)]^{2/3}$  for  $t_1 \leq t \leq t_k$ ] after the bath voltage reached the constant limit that the bath voltage may be kept at the limit. Here,  $\beta = 3ki_0^{3/2}/SB$ , in which:  $i_0$  designates the initial current density;  $B$  does a scorch constant;  $k$  does a film forming constant; and  $S$  does a safety constant. These individual constants  $k$ ,  $B$  and  $S$  determine the durations of the constant current electrolyzing times by the

high current density, and the magnitudes of the gradual reductions in the gradual reducing sections of the current density. The  $k$ ,  $B$  and  $S$  values have to be optimized for the composition of the object to be treated, the composition and temperature of the electrolyte, and the structure of the treating apparatus. Where the sulfuric acid is used as the electrolyte for a material AC6A, the values usually range such that  $k = 0.4$  to  $0.7$ ,  $B = 400$  to  $550$ , and  $S = 0.5$  to  $0.8$ , and the electrolytic time is the shorter for the larger  $K$  and  $S$  values.

[0017] Where the electrolyzing current is to be controlled, the electrolyte temperature is kept constant by detecting the temperature of the electrolyte with the liquid temperature detector 14, by feeding the detection signal to the microcomputer 23, and then by feeding the command signal to the liquid temperature adjusting device 13.

[0018] The following Table-1 enumerates the conditions (i.e., the aforementioned  $k$ ,  $B$  and  $S$  values, the initial current density, the electrolyte concentration, the electrolyte temperature and the bath voltage), under which the alumite having a thickness of 90 microns and a hardness of 400 (HNV) or more and highly effective against the thermal cracking of the piston is obtained for the shortest time period by performing experiments using the piston of AC8A alloy for the hard aluminum-anodization of the piston head portion.

[0019]

[Table 1]

Initial Current Density (A/dm <sup>2</sup> )		30 ± 5
Bath Voltage (V)		80 ± 5
Constant value	k	0.6
	B	450
	S	0.6
Electrolyte (Sulfuric Acid)	Concentration (g/l)	100 ± 10
	Temperature (°C)	10 ± 3
Electrolyzing Time		7 to 8 mins

[0020] Here, the electrolyzing time is elongated to lower the treating efficiency if the initial current density is not higher than 25 A/dm<sup>2</sup>, and the hardness of the alumite layer drops if not lower than 35 A/dm<sup>2</sup>. On the other hand, the treating efficiency drops if the bath voltage is at 75 V, and the alumite layer becomes heterogeneous and fragile if not lower than 85 V. The resistance becomes excessively low to cause disadvantages if the electrolyte concentration is not higher than 90 g/litter, and the thickness precision of the alumite layer drops if not lower than 110 g/litter. The bath voltage rises to make the alumite layer heterogeneous and fragile if the electrolyte temperature is not higher than 7 °C, and the alumite coating surface causes the white powdery oxidation and becomes fragile due to the shortage of the cooling of the treated surface if not lower than 13 °C.

[0021] After the desired alumite layer was thus formed on the head portion of the piston 4, the pump 11 is stopped to discharge

the electrolyte from the electrolyzing bath 11, and the piston 4 is removed and replaced by a new piston to be treated for a similar aluminum-anodizing method. These operations to fit and remove the piston, to activate and stop the pump 11, to adjust the electrolyzing current, or the like can be wholly automated by the computer control.

[0022]

[Effects of the Invention] With the construction thus far made, according to the invention, it is possible to provide the piston aluminum-anodizing method and apparatus which can form the highly hard alumite layer automatically only on the piston head portion without any masking step.

[0023] Here, the invention should not be limited to the aforementioned embodiment but contains all the modifications that could be easily conceived within the scope of the object of the invention by those skilled in the art from the description thus far made.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] An explanatory diagram showing one embodiment of the apparatus to be employed for executing the surface treating method according to the invention.

[Fig. 2] A graph plotting the relations of a current density and a bath voltage as the electrolyzing time elapses when the surface treating method of the invention is executed.

[Designations of Reference Numerals]

- 1 Air Cylinder
- 2 Insulating Plate
- 3 Feeding Plate
- 4 Piston
- 5 Jig Body
- 6 Seal Rubber
- 7 Cathode
- 8 Electrolyte Injection Nozzle
- 9 Electrolyte Supply Pipe
- 10 Electrolyzing Bath
- 11 Pump
- 12 Electrolyte Tank
- 13 Liquid Temperature Adjusting Device
- 14 Liquid Temperature Detector
- 15 AC Power Source
- 16 Rectifier
- 17 Switching Element
- 18 Pulse Generator
- 19 Smoothing Circuit
- 20 Inserted Resistor
- 21 Electrolyzing Current Detector
- 22 Bath Voltage Detector
- 23 Microcomputer

[Fig. 1]

23      Microcomputer

[Fig. 2]

Current Density ( $A/dm^2$ )

Electrolyzing Time (mins.)

Bath Voltage